

**PATENT APPLICATION**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re the Application of:

MARTIKKALA

Group Art Unit: Not yet assigned

Application No.: New Application

Examiner: Not yet assigned

Filed: June 24, 2003

Attorney Dkt. No.: 60091.00228

For: METHOD FOR CALCULATING ABSOLUTE TIME DIFFERENCE IN RADIO  
SYSTEM, AND RADIO SYSTEM

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 USC § 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

June 24, 2003

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign application(s) filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

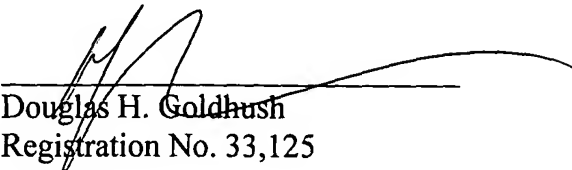
**Finnish Patent Application No. 20021252 filed on June 26, 2002 in Finland**

In support of this claim, certified copy(ies) of said original foreign application(s) is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document(s).

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Counsel's Deposit Account No. 50-2222.

Respectfully submitted,



Douglas H. Goldhush  
Registration No. 33,125

**Customer No. 32294**  
SQUIRE, SANDERS & DEMPSEY LLP  
14<sup>TH</sup> Floor  
8000 Towers Crescent Drive  
Tysons Corner, Virginia 22182-2700  
Telephone: 703-720-7800  
Fax: 703-720-7802

DHG:scc

Enclosure: Priority Document(s) (1)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 4.6.2003

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

Nokia Corporation  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20021252

Tekemispäivä  
Filing date

26.06.2002

Kansainvälinen luokka  
International class

G01S

Keksinnön nimitys  
Title of invention

**"Menetelmä absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä ja radiojärjestelmä"**

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kaila  
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

*The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.*

---

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FIN-00101 Helsinki, FINLAND				

## **Menetelmä absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä ja radiojärjestelmä**

### **Ala**

Keksinnön kohteena on menetelmä absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä ja radiojärjestelmä.

### **Tausta**

Radiojärjestelmissä voidaan käyttää niin sanottua absoluuttiaikaa (Absolute Time, AT) referenssiaikana useisiin eri tarkoituksiin. Yksi ajankohtaisimmista sovellutuksista on absoluuttiajan käyttö paikantamisessa.

10 Tilaajapäätelaitteen paikantamisesta, eli sen maantieteellisen sijainnin määrittämisestä on tullut yhä tärkeämpi solukkoradioverkkojen toiminto. Esimerkiksi Yhdysvalloissa liittovaltion viranomaisen FCC (Federal Communication Commission) vaatii, että kaikki hätäpuhelua soittavat tilaajapäätelaitteet on pystyttävä paikallistamaan jopa 50 metrin tarkkuudella. Paikantamis-  
15 ta voidaan käyttää hyödyksi myös kaupallisissa tarkoituksissa, esimerkiksi erilaisten tariffialueiden määrittämiseksi, tai käyttäjää opastavan navigointipalvelun toteuttamiseksi, tai vaikkapa läheisten ja ystävien paikantamiseksi.

Paikantamispalvelun (Location Service, LCS) toteuttamiseen käytetään erilaisia menetelmiä. Karkeimmalla tasolla tilaajapäätelaitteen sijainti voidaan paikantaa tilaajapäätelaitetta palvelevan solun identiteetin perusteella.  
20 Tämä ei ole kovinkaan tarkka tieto, sillä solun läpimitta voi olla kymmeniä kilometrejä.

Tarkempaan tulokseen päästään käyttämällä lisätietona radioyhteyden ajastusinformaatiota, esimerkiksi ajoitusennakkoa (Timing Advance, TA).  
25 GSM-järjestelmässä (Global System for Mobile Communications) TA kertoo tilaajapäätelaitteen sijainnin noin 550 metrin tarkkuudella. Ongelmana on se, että jos solu on toteutettu ympärisäteilevällä antennilla, niin silloin tiedetään vain tilaajapäätelaitteen sijainti jonkin tukiaseman suhteen sen ympäri piirretyllä kehällä. Esimerkiksi kolmeen osaan sektoroitu tukiasema parantaa tilannetta hie-  
30 man, mutta silloinkin tilaajapäätelaitteen sijainti voidaan paikallistaa vain 120 asteen suuruiselle sektorille 550 metrin syvyiselle alueelle tietyllä etäisyydellä tukiasemasta.

Nämä epätarkatkin menetelmät ovat riittäviä joihinkin sovelluksiin, esimerkiksi tariffialueiden määrittämiseen. Lisäksi on kehitetty tarkempia me-  
35 netelmiä. Nousevan siirtotien (Uplink) menetelmät pohjautuvat siihen, että

useat eri tukiasemat tekevät mittauksia tilaajapäätelaitteen lähettämästä signaalista, esimerkkinä voidaan mainita TOA-menetelmä (Time of Arrival).

Yleisempiä ovat kuitenkin laskevan siirtotien (Downlink) menetelmät, pääasiassa paremmasta kapasiteetista johtuen. Niissä tilaajapäätelaite tekee mittauksia usean eri tukiaseman lähettämistä signaaleista. Eräs esimerkki tällaisesta menetelmästä on E-OTD-menetelmä (Enhanced Observed Time Difference). Koska käytännössä radioverkko ei ole koskaan täysin synkroninen, tukiasemien lähettämien signaalien todellinen ajoitus täytyy mitata. Tämä tehtävä voidaan hoitaa käyttäen kiinteään, sijainniltaan tunnettuun mittauspisteeseen sijoitettua paikanmittausyksikköä LMU (Location Measurement Unit). Paikanmittausyksikön avulla määritetään tukiasemien lähetyksen välinen todellinen aikaero. Todellisten aikaerojen vaikutus poistetaan tilaajapäätelaitteen mittaamista tuloksista, minkä jälkeen tilaajapäätelaitteen sijainti voidaan määrittää geometrisesti tukiasemien koordinaattien perusteella, esimerkiksi kulku-  
aikaviiveitä kuvaavien hyperbolien tai ympyröiden kohtauspisteeseen. WCDMA-järjestelmissä (Wideband Code Division Multiple Access) vastaavaa menetelmää nimitetään IPDLTOA-menetelmäksi (Idle Period Down Link Time Difference Of Arrival).

Paikantamismenetelmissä tukiasemien kellojen välinen aikaero määritetään useimmiten käyttäen niiden niin sanottua todellista aikaeroa (Real Time Difference, RTD), jotka määritetään paikanmittausyksikön tukiasemilta vastaanottamien signaalien perusteella. Pelkkiin RTD-määrittelyyn perustuva tukiasemien aikaerojen määrittely vaatii kuitenkin paljon laskentakapasiteettia. Paikantamismenetelmiä, esimerkiksi E-OTD-menetelmää, voidaankin soveltaa myös käyttäen niin sanottua absoluuttiaikaa (Absolute Time, AT) ja absoluuttiaikaeroja (Absolute Time Difference, ATD), joiden avulla laskentakapasiteetin tarve vähenee. Absoluuttiajan käyttö voidaan toteuttaa esimerkiksi määrittämällä niin sanotun vertailutukiaseman absoluuttiaika (Reference AT) suhteessa satelliittipaikannusjärjestelmän vastaanotinta käyttäen määritettyyn aikaan. Tyypillisesti tämä toteutetaan suhteessa GPS-satelliittipaikannusvastaanotinta (Global Positioning System) käyttäen määritettyyn niin sanottuun GPS-aikaan, jolloin GPS-vastaanotin voidaan sijoittaa esimerkiksi paikanmittausyksikköön.

Absoluuttiajan käytön ongelmana on kuitenkin tähän saakka ollut se, että absoluuttiajan käyttö sisältää pelkän RTD:n käyttöön verrattuna enemmän virhetekijöitä. RTD-määrittelyyn aiheutuu virhettä muun muassa digitaalisesta signaalinkäsittelyprosessista (kanavamallivirhe, DSP-signaalin saapu-

misaika) (Digital Signal Processing, DSP) ja monitie-etenemisestä. AT-mää-  
 tyksiä käytettäessä tähän on vielä lisättävä muun muassa kello-oskillaattorista  
 ja GPS:stä aiheutuva virhe. Tähän saakka tunnetuissa menetelmistä aikamää-  
 rityksen virhettä on pyritty pienentämään parantamalla GPS-mittauksen tark-  
 5 kuutta, mikä on osoittautunut vaikeaksi. Lisäksi GPS-mittaus on kuitenkin vain  
 eräs AT-määritysten virheen osatekijä.

### Lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on toteuttaa parannettu menetelmä absoluut-  
 tiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä ja parannettu radiojärjestelmä.

10 Parannetussa menetelmässä ylläpidetään radiojärjestelmässä si-  
 jainniltaan tunnettuja paikanmittausyksiköitä ja niiden määrittämiä paikanmit-  
 tausalueita, jotka paikanmittausyksiköt vastaanottavat signaaleja paikanmit-  
 tausalueensa tukiasemilta, ja paikanmittausalueen yksi tukiasema on paikan-  
 mittausyksikön vertailutukiasema, ja paikanmittausalueen ainakin yksi mitattu  
 15 tukiasema on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa; määritetään vertai-  
 lutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen tukiasemien havaitut aika-  
 erot vertailutukiasemaan nähden; raportoidaan paikanmittausyksikön vertailu-  
 tukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien havai-  
 tut aikaerot radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaikaero-  
 20 taulukon päivitystä varten; lasketaan vertailutukiaseman laskennallinen abso-  
 luuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerotau-  
 lukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittaus-  
 yksikön raportti, ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raportoimaa havai-  
 tua aikaeroa; lasketaan vertailutukiaseman korjattu absoluuttiaika käyttäen sille  
 25 määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman refe-  
 renssiaikaa ja korjauskerrointa; ja käytetään vertailutukiaseman korjattua abso-  
 luuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien havaittuja aikaeroja tukiasemien abso-  
 luuttiaikaerojen laskemiseen ja talletetaan lasketut tukiasemien absoluuttiaika-  
 erot absoluuttiaikaerotaulukkoon.

30 Parannettu radiojärjestelmä käsittää ainakin yhden paikannettavan  
 tilaajapäätelaitteen, ja ainakin kolme sijainniltaan tunnettua, paikantamisessa  
 käytettävää tukiasemaa, joista tukiasemista yksi toimii tilaajapäätelaitetta pal-  
 velevana tukiasemana. Parannettu radiojärjestelmä käsittää lisäksi: ainakin  
 kaksi sijainniltaan tunnettua paikanmittausyksikköä ja niiden määrittämää pai-  
 35 kanmittausaluetta, jotka paikanmittausyksiköt vastaanottavat signaaleja pai-  
 kanmittausalueensa tukiasemilta, ja paikanmittausalueen yksi tukiasema on

paikanmittausyksikön vertailutukiasema, ja ainakin yksi mitattu tukiasema on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa; välineet absoluuttiaikaeron laske-  
miseksi radiojärjestelmän paikantamismenetelmässä, paikantamisjärjestelmän  
absoluuttiaikaerotaulukon, johon tukiasemien absoluuttiaikaeroarvot talletetaan  
5 ja jossa arvoja ylläpidetään; välineet määrittää vertailutukiaseman referenssiai-  
ka; välineet määrittää paikanmittausalueen tukiasemien havaitut aikaerot ver-  
tailutukiasemaan nähden; välineet ylläpitää radiojärjestelmän tukiasemien ab-  
soluuttiaikaerotaulukon arvoja; välineet raportoida paikanmittausyksikön vertai-  
lutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien ha-  
10 vaitut aikaerot radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaika-  
erotaulukon päivitystä varten; välineet laskea vertailutukiaseman laskennalli-  
nen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluutti-  
aikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen pai-  
kanmittausyksikön raportti; ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raporto-  
15 maa havaittua aikaeroa; välineet laskea vertailutukiaseman korjattu absoluutti-  
aika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertai-  
lutukiaseman referenssiaikaa ja korjauskerrointa; ja välineet käyttää vertailutu-  
kiaseman korjattua absoluuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien havaittuja aika-  
eroja tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskemiseen ja välineet tallettaa laske-  
20 tut tukiasemien absoluuttiaikaerot absoluuttiaikaerotaulukkoon.

Keksinnön muut edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten pa-  
tenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että paikannuksessa käytetään absoluutti-  
aikaa ja tukiasemien absoluuttiaikaeroja. Radiojärjestelmässä ylläpidetään tu-  
25 kiasemien absoluuttiaikaerotaulukkoa, eli ATD-taulukkoa, jota päivitetään pai-  
kanmittausyksiköiden raporttien perusteella. Absoluuttiaikaerojen eli ATD-arvo-  
jen avulla kompensoidaan tukiasemien ajoituksen vaikutus laskettaessa tilaaja-  
pätelaitteen sijainti sen raportoimien OTD-tulosten (Observed Time Differen-  
ce) perusteella. Paikanmittausyksikön raportti sisältää vertailutukiaseman refe-  
30 renssiajan (Reference AT) sekä tukiasemien havaitut aikaerot eli OTD:t. Kek-  
sinnön mukaisessa menetelmässä korjataan mittauksista aiheutuvaa virhettä  
korjaamalla ATD-taulukkoon sijoitettavia uuden raportin tuloksia sopivalla pai-  
notuksella ATD-taulukon oletettujen absoluuttiaikaerojen suuntaan, jotta pai-  
kanmittausalueiden välinen suhteellinen virhe olisi pieni.

35 Keksinnön mukaisella menetelmällä ja radiojärjestelmällä saavute-  
taan useita etuja. Keksinnön mukaisella laskentatavalla voidaan pienentää tu-

kiaseman absoluuttiajan arvoon aiheutuvaa suhteellista virhettä, kun kutakin mitattua arvoa korjataan useamman paikanmittausyksikön tulosten mukaisesti. Keksinnön etuna on myös se, että se mahdollistaa vähemmän laskentakapasiteettia vaativan absoluuttiajan käytön.

- 5                    Menetelmän eräänä lisäetuna on myös se, että sen käytön yhteydessä voidaan myös esikorjata ennen absoluuttiaikaeron laskentaa, tai sen yhteydessä, muista viiveistä aiheutuvaa virhettä, esimerkiksi kaapeli- ja heijastusviiveitä tai mittausantennin korkeudesta aiheutuvia viiveitä.

### Kuvioluettelo

- 10                    Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa:

                    kuvio 1 on yksinkertaistettu lohkokaavio, esittäen radiojärjestelmän rakennetta;

- kuvio 2 on yksinkertaistettu lohkokaavio, esittäen esimerkkiä radiojärjestelmän tukiasemajärjestelmän ja tilaajapäätelaitteen rakenteesta;

                    kuvio 3 on yksinkertaistettu lohkokaavio, esittäen esimerkkiä paikantamisjärjestelmästä; ja

                    kuvio 4 on vuokaavio havainnollistaen menetelmää absoluuttiaikaeron laskemiseksi.

### 20 Suoritusmuotojen kuvaus

                    Keksinnön mukaista menetelmää absoluuttiaikaeron laskemiseksi voidaan soveltaa radiojärjestelmässä paikantamisen suorittamiseen. Viitaten kuvioon 1 selostetaan yleisesti radiojärjestelmän rakennetta esimerkkinä järjestelmästä, jossa keksinnön suoritusmuotoja voidaan soveltaa. Kuvio 1 on yksinkertaistettu lohkokaavio, joka kuvaa verkkoelementtien tasolla radiojärjestelmän tärkeimmät osat sekä niiden väliset rajapinnat. Verkkoelementtien rakennetta ja toimintoja ei kuvata kovin tarkasti, koska ne ovat yleisesti tunnettuja.

- Koska toisen sukupolven (2G) radiojärjestelmät ja kolmannen sukupolven (3G) radiojärjestelmät sekä näiden erilaiset sekamuodot eli niin sanotut 2,5:n sukupolven (2,5G) radiojärjestelmät ovat maailmanlaajuisesti jo käytössä sekä jatkuvasti kehitteillä, kuviossa 1 havainnollistettava radiojärjestelmä käsittää rinnakkain eri sukupolvien verkkoelementtejä. Kuvauksessa toisen sukupolven radiojärjestelmää edustaa GSM (Global System for Mobile Communications), niin sanottua 2,5:n sukupolven radiojärjestelmää pakettikytkentäiseen tiedonsiirtoon perustuvaa GPRS-tekniikkaa (General Packet Radio Service)



soveltava GSM/GPRS-radiojärjestelmä ja kolmannen sukupolven radiojärjestelmää radiojärjestelmä, joka tunnetaan ainakin nimillä IMT-2000 (International Mobile Telecommunications 2000) ja UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). 3G-tekniikoihin voidaan lukea kuuluvaksi myös EDGE-tekniikka (Enhanced Data Rates for Global Evolution), jota käytetään tiedonsiirtonopeuden kasvattamiseksi. Sitä voidaan käyttää GSM:ään perustuvien 2G-radiojärjestelmien siirtonopeuksien kasvattamiseen, sekä myös pakettisiirron toteuttamiseen GPRS-järjestelmässä (Enhanced General Packet Radio Service, EGPRS), joka nykyisessä muodossaan edustaa 2,5G-radiojärjestelmää. Suoritusmuodot eivät kuitenkaan rajaudu vain näihin esimerkkeinä kuvattaviin järjestelmiin, vaan alan ammattilainen voi soveltaa keksinnön mukaista ratkaisua myös muissa järjestelmissä, joissa paikantamisen suorittamiseksi lasketaan absoluuttiaikaeroja.

Radiojärjestelmän pääosat ovat runkoverkko (Core Network, CN) 100, radioliityntäverkko 130 ja tilaajapäätelaitte (User Equipment, UE) 170. Radioliityntäverkko 130 on kuviossa 1 ilmaistu sanoista UMTS Terrestrial Radio Access Network tulevalla termillä UTRAN, eli radioliityntäverkko 130 kuuluu kolmanteen sukupolven ja on toteutettu laajakaistaisella koodijakoisella monikäyttötekniikalla (Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA). Kuviossa 1 on lisäksi kuvattu tukiasemajärjestelmä (Base Station System, BSS) 160, joka kuuluu 2/2,5-sukupolven ja on toteutettu aikajakoisella monikäyttötekniikalla (Time Division Multiple Access, TDMA). 2/2,5 –sukupolven radiojärjestelmissä 3G –radiojärjestelmien radioliityntäverkkoa 130 vastaava radioliityntäverkko perustuu tukiasemajärjestelmään 160. Mikäli radiojärjestelmä on esimerkiksi GSM-pohjaisen GPRS- tai EGPRS- ja UMTS-järjestelmien välimuoto, jossa radioliityntäverkon rakenne on hahmotettu UMTS-tyylisesti, voidaan radioverkkoa kutsua esimerkiksi GERAN:iksi (GSM Enhanced Radio Access Network), jossa radorajapinta on kuitenkin GSM-pohjainen normaali radorajapinta tai EDGE-modulaatiota käyttävä radorajapinta.

Yleisellä tasolla radiojärjestelmän voidaan myös määritellä muodostuvan tilaajapäätelaitteesta ja verkko-osasta, joka sisältää radiojärjestelmän kaiken kiinteän infrastruktuurin eli runkoverkon, radioliityntäverkon ja tukiasemajärjestelmän. Tilaajapäätelaitteesta voidaan käyttää myös esimerkiksi nimiä käyttäjälaite ja matkapuhelin.

Runkoverkon 100 rakenne vastaa yhdistettyä GSM- ja GPRS-järjestelmien rakennetta. GSM-verkkoelementit vastaavat piirikytkentäisten yhteyk-

sien toteuttamisesta ja GPRS-verkkoelementit pakettikytkentäisten yhteyksien toteuttamisesta. Osa verkkoelementeistä sisältyy kuitenkin molempiin järjestelmiin.

Matkapuhelinkeskus (Mobile Services Switching Centre, MSC) 102 on runkoverkon 100 piirikytkentäpuolen keskipiste. Samaa matkapuhelinkeskusta 102 voidaan käyttää palvelemaan sekä radioliityntäverkon 130 että tukiasemajärjestelmän 160 yhteyksiä. Matkapuhelinkeskuksen 102 tehtäviin kuuluu: yhteyksien välitys (switching), haku (paging), tilaajapäätelaitteen sijaintipaikan rekisteröinti (location registration), kanavanvaihdon hallinta (handover management), tilaajan (subscriber) laskutustietojen (billing information) keruu, tiedon salaussparametrin hallinta (encryption parameter management), taajuusallokoinnin hallinta (frequency allocation management) ja kaiunpoisto (echo cancellation).

Matkapuhelinkeskuksien 102 lukumäärä voi vaihdella; pienellä verkko-operaattorilla voi olla vain yksi matkapuhelinkeskus 102, kun taas suurissa runkoverkoissa 100 niitä voi olla useampia. Kuviossa 1 on kuvattu myös toinen matkapuhelinkeskus 106 ja siihen liittyvä vierailijarekisteri (Visitor Location Register, VLR), mutta matkapuhelinkeskuksen 106 yhteyksiä muihin verkkoelementteihin ei ole kuvion selkeyden vuoksi kuvattu.

Suurissa runkoverkoissa 100 voi olla erillinen yhdyskeskus (Gateway Mobile Service Switching Centre, GMSC) 110, joka hoitaa runkoverkon 100 ja ulkopuolisten verkkojen 180 väliset piirikytkentäiset yhteydet. Yhdyskeskus 110 sijaitsee matkapuhelinkeskuksien 102, 106 ja ulkopuolisten verkkojen 180 välissä. Ulkopuolinen verkko 180 voi olla esimerkiksi yleinen matkaviestinverkko (Public Land Mobile Network, PLMN) tai yleinen puhelinverkko (Public Switched Telephone Network, PSTN).

Kotirekisteri (Home Location Register, HLR) 114 sisältää pysyvän tilaajarekisterin, eli esimerkiksi seuraavat tiedot: kansainvälisen matkaviestintilaajan tunnuksen (International Mobile Subscriber Identity, IMSI), matkaviestintilaajan kansainvälisen ISDN-numeron (Mobile Subscriber ISDN Number, MSISDN, Integrated Services Digital Network, ISDN), autentikointiavaimen (Authentication Key) ja radiojärjestelmän tukiessa GPRS:ää PDP-osoitteen (PDP = Packet Data Protocol).

Vierailijarekisteri (Visitor Location Register, VLR) 104 sisältää sijainnin seurantaa (roaming) koskevaa informaatiota matkapuhelinkeskuksen 102 alueella olevista tilaajapäätelaitteista 170. Vierailijarekisteri 104 sisältää aika

pitkälti samaa informaatiota kuin kotirekisteri 114, mutta vierailijarekisterissä 104 kyseinen informaatio on vain tilapäisesti.

Laitetunnusrekisteri (Equipment Identity Register, EIR) 112 sisältää radiojärjestelmässä käytettävien tilaajapäätelaitteiden 170 kansainväliset matkaviestimen laitetunnukset (International Mobile Equipment Identity, IMEI) ja 5 niin sanotun, sallitut laitetunnukset sisältävän valkoisen listan sekä mahdollisesti, kiellettyjen ja viallisten laitteiden laitetunnukset sisältävät mustan ja harmaan listan.

Tunnistuskeskus (Authentication Center, AuC) 116 sijaitsee fyysisesti aina samassa paikassa kuin kotirekisteri 114, ja se sisältää tilaajan tunnistusavaimen (Subscriber Authentication Key) Ki sekä vastaavan IMSI:n. 10

Kuviossa 1 kuvattavat verkkoelementit ovat toiminnollisia kokonaisuuksia, joiden fyysinen toteutus voi vaihdella. Tavallisesti matkapuhelinkeskus 102 ja vierailijarekisteri 104 muodostavat yhden fyysisen laitteen ja kotirekisteri 114, laitetunnusrekisteri 112 sekä tunnistuskeskus 116 toisen fyysisen 15 laitteen.

Operointisolmu (Serving GPRS Support Node, SGSN) 118 on runkoverkon 100 pakettikytkentäpuolen keskipiste. Sen päätehtävä on lähettää ja vastaanottaa paketteja pakettikytkentäistä siirtoa tukevan tilaajapäätelaitteen 20 170 kanssa radioliityntäverkkoa 130 tai tukiasemajärjestelmää 160 käyttäen. Operointisolmu 118 sisältää tilaajapäätelaitetta 170 koskevaa tilaajatietoa sekä sijaintitietoa.

Yhdyskäytäväsolmu (Gateway GPRS Support Node, GGSN) 120 on pakettikytkentäpuolen vastine piirikytkentäpuolen yhdyskeskukselle 110, kuitenkin sillä erotuksella, että yhdyskäytäväsolmu 120 reitittää myös runkoverkosta 100 ulkopuolisiin verkkoihin 182 ulosmenevän liikenteen, kun taas yhdyskeskus 110 reitittää vain sisään tulevan liikenteen. Esimerkissämme ulkopuolisia verkkoja 182 edustaa Internet. 25

Tukiasemajärjestelmä 160 muodostuu tukiasemaohjaimesta (Base Station Controller, BSC) 166 sekä tukiasemista (Base Transceiver Station, BTS) 162, 164. 30

Tukiasemaohjain 166 kontrolloi tukiasemaa 162, 164. Periaatteena on, että radiotien toteuttavat laitteet niihin liittyvine toimintoineen pyritään sijoittamaan tukiasemaan 162, 164 ja hallintalaitteet tukiasemaohjaimeen 166.

Tukiasemaohjain 166 hoitaa esimerkiksi seuraavat tehtävät: tukiaseman 162, 164 radioresurssien hallinta, solujenväliset kanavanvaihdot (in- 35

tercell handover), taajuushallinta eli taajuuksien allokointi tukiasemille 162, 164, taajuushyppelysekvenssien hallinta, aikaviiveiden mittaaminen nousevalla siirtotietä, käytönohjauksen (operation and maintenance) rajapinnan toteutus ja tehonsäädön hallinta.

- 5           Tukiasema 162, 164 sisältää ainakin yhden lähetinvastaanottimen, joka toteuttaa yhden kantoaallon, eli kahdeksan aikaväliä, eli kahdeksan fyysistä kanavaa. Tyypillisesti yksi tukiasema 162, 164 palvelee yhtä solua, mutta myös sellainen ratkaisu on mahdollinen, jossa yksi tukiasema 162, 164 palvelee useaa sektoria solussa. Kolmannen sukupolven radiojärjestelmissä termiä solu käytetään tarkoittamaan sektoria. Solun läpimitta voi vaihdella muutamista metreistä kymmeneen kilometriin. Tukiasemaan 162, 164 katsotaan kuuluvan myös transkooderi (ei esitetty kuviossa), jolla suoritetaan muunnos radiojärjestelmässä käytetyn puheenkoodausmuodon ja yleisessä puhelinverkoissa käytetyn puheenkoodausmuodon välillä. Käytännössä transkooderi sijaitsee fyysisesti kuitenkin yleensä matkapuhelinkeskuksessa 102. Tukiasemalle 162, 164 kuuluvat esimerkiksi seuraavat tehtävät: TA:n (timing advance) laskeminen, nousevan siirtotien mittaukset, kanavakoodaus, koodaus salakieliseksi (encryption), salauksenpurku (decryption) ja taajuushyppely.

- 20           Radioliityntäverkko 130 muodostuu radioverkon alijärjestelmistä (Radio Network Subsystem, RNS) 140, 150. Kukin radioverkon alijärjestelmä 140, 150 muodostuu radioverkko-ohjaimista (Radio Network Controller, RNC) 146, 156 sekä B-solmuista (Node B) 142, 144, 152, 154. B-solmu on melko abstrakti käsite, ja usein sen sijasta käytetäänkin termiä tukiasema.

- 25           Radioverkko-ohjain 146, 156 vastaa toiminnallisuudeltaan likimain GSM-järjestelmän tukiasemaohjainta 166, ja B-solmu 142, 144, 152, 154 GSM-järjestelmän tukiasemaa 162, 164. Tarjolla on myös sellaisia ratkaisuja, joissa sama laite on sekä tukiasema että B-solmu, eli kyseisellä laitteella voidaan toteuttaa samanaikaisesti sekä TDMA- että WCDMA-radorajapinta. Tässä yhteydessä käytetäänkin jatkossa termiä tukiasema tarkoittamaan sekä GSM-järjestelmän tukiasemaa 162, 164 että radioliityntäverkon 130 B-solmua 142, 144, 152, 154.

- 35           Tilaajapäätelaite 170 koostuu kahdesta osasta: matkaviestinlaite (Mobile Equipment, ME) 172 ja UMTS-tilaajan tunnistusyksikkö (UMTS Subscriber Identity Module, USIM) 174. USIM 174 sisältää käyttäjään liittyvää tietoa, sekä erityisesti tietoturvallisuuteen liittyvää tietoa, esimerkiksi salausalgoritmin. GSM-järjestelmässä käytetään luonnollisesti järjestelmän omaa tunnis-

tusyksikköä. Tilaajapäätelaite 170 sisältää ainakin yhden lähetinvastaanottimen (TRX, Transceiver), jolla toteutetaan radioyhteys radioliityntäverkkoon 130 tai tukiasemajärjestelmään 160. Tilaajapäätelaite 170 voi sisältää ainakin kaksi erilaista tilaajan tunnistusyksikköä. Lisäksi tilaajapäätelaite 170 sisältää antennin, käyttöliittymän sekä akun. Nykyisin tilaajapäätelaitteita 170 on monenlaisia, esimerkiksi autoon asennettuja sekä kannettavia. Tilaajapäätelaitteisiin 170 on myös toteutettu ominaisuuksia, jotka ovat paremmin tunnettuja henkilökohtaisista tai kannettavista tietokoneista, eräänä esimerkkinä tällaisesta on Nokia® Kommunikaattori®.

Kuviossa 1 esitetyt eri verkkoelementtien väliset rajapinnat kuvataan taulukossa 1. Tärkeimmät rajapinnat ovat UMTS:issa runkoverkon ja radioliityntäverkon välinen lu-rajapinta, joka jakautuu piirikytkentäpuolen rajapintaan luCS (CS = Circuit Switched) ja pakettikytkentäpuolen rajapintaan luPS (PS = Packet Switched), sekä radioliityntäverkon ja tilaajapäätelaitteen välinen Uu-rajapinta. GSM:ssä tärkeimmät rajapinnat ovat tukiasemaohjaimen ja matkapuhelinkeskuksen välinen A-rajapinta, tukiasemaohjaimen ja operointisolmun välinen Gb-rajapinta, sekä tukiaseman ja tilaajapäätelaitteen välinen Um-rajapinta. Rajapinta määrittelee millaisia viestejä käyttäen eri verkkoelementit voivat kommunikoida toistensa kanssa. Tavoitteena on sellainen radiojärjestelmä, jossa eri valmistajien verkkoelementit kykenevät toimimaan niin hyvin yhteen toistensa kanssa että muodostuu toimiva radiojärjestelmä. Osa rajapinnoista on kuitenkin käytännössä valmistajariippuvia.

Rajapinta	Verkkoelementtien välillä
Uu	UE-UTRAN
Iu	UTRAN-CN
IuCS	UTRAN-MSC
IuPS	UTRAN-SGSN
Cu	ME-USIM
Iur	RNC-RNC
Iub	RNC-B
A	BSC-MSC
Gb	BSC-SGSN
A-bis	BSC-BTS
Um	BTS-UE
B	MSC-VLR
E	MSC-MSC
D	MSC-HLR
F	MSC-EIR
Gs	MSC-SGSN
PSTN	MSC-GMSC
PSTN	GMSC-PLMN/PSTN
G	VLR-VLR
C	HLR-GMSC
H	HLR-AUC
Gc	HLR-GGSN
Gr	HLR-SGSN
Gf	EIR-SGSN
Gn	SGSN-GGSN
Gi	GGSN-INTERNET

Taulukko 1

Selostetaan kuvion 2 avulla tarkemmin paikantamisen ja kyseessä olevan sovelluksen kannalta oleellisia radiojärjestelmän osia ja niiden rakennetta. Radiojärjestelmä voi olla esimerkiksi 2,5 sukupolven GSM/GPRS-radiojärjestelmä, toisen sukupolven GSM-tekniikkaa soveltava radiojärjestelmä tai

5 kolmannen sukupolven WCDMA-tekniikkaa soveltava UMTS-järjestelmän mu-

kainen radiojärjestelmä tai jokin edellisten sekamuoto. Kuvion 2 mukainen radioliityntäverkko 230 vastaakin kuvatuilta osiltaan siis sekä kuviossa 1 esitettyä tukiasemajärjestelmään 160 perustuvaa 2/2,5-sukupolven radioliityntäverkkoa että kolmannen sukupolven radioliityntäverkkoa 130. Edelleen kuvion 2 mukainen tukiasemajärjestelmä 260 vastaa kuvatuilta osiltaan sekä kuvion 1 mukaisen radioverkon alijärjestelmän ja sen käsittämien radioverkon alijärjestelmien (Radio Network Subsystem) 140, 150 rakennetta että tukiasemajärjestelmän 160 rakennetta. Kuvion 2 tukiasemajärjestelmä 260 voi myös olla jokin edellisten sekamuoto. Kuviossa 2 on esitetty vain yksi tukiasema 262, joka siis voi tarkoittaa sekä kuvion 1 mukaista GSM-järjestelmän tukiasemaa 162, 164 että kuvion 1 mukaista radioliityntäverkon 130 B-solmua 142, 144, 152, 154, mutta tukiasemia 262 voi luonnollisesti normaalin radiojärjestelmän tapauksessa olla useampia. Samoin on esitetty vain yksi tukiasemaohjain 266, joka siis vastaa sekä kuvion 1 mukaista tukiasemaohjainta 166 että radioverkko-ohjainta 146, 156, vaikka niitä normaalin verkon tapauksessa voi olla useampia. UMTS-järjestelmän eri kokonaisuudet samoin kuin näitä vastaavat GSM/GPRS/EGPRS-verkon kokonaisuudet – CN 100, UTRAN/GERAN 130, RNS/BSS 160, RNC/BSC 166, B/BTS 162 – on hahmotettu kuvioon 2 katkoviivalla toteutetuilla laatikoilla.

Tukiasema 262 käsittää lähetinvastaanottimen 206, antennin 250 ja ohjausyksikön 208. Myös tukiasemaohjain 266 käsittää ohjausyksikön 248. Ti-laajapäätelaite 170 käsittää myös normaalin lähetinvastaanottimen 216 ja antennin 290 radioyhteyden 292 toteuttamiseksi, sekä ohjausyksikön 218. 2/2,5-sukupolven mukaisen radiojärjestelmän tapauksessa lähetinvastaanotin 216 käyttää TDMA-tekniikkaa, ja esimerkiksi normaalia GSM-järjestelmän GMSK-modulointia (Gaussian Minimum Shift Keying) tai EDGE-modulointia eli 8-PSK-modulointia (8 Phase Shift Keying). WCDMA-järjestelmän mukaisen radiojärjestelmän tapauksessa lähetinvastaanotin 216 käyttää WCDMA-tekniikkaa.

Paikantamispalvelussa käytettäviin laitteisiin kuuluu paikantamiskeskus SMLC (Serving Mobile Location Center) 200, joka voi sijaita kuvatulla tavalla tukiasemaohjaimessa 266, esimerkiksi sen ohjausyksikössä 248. Se voi sijaita myös erillisenä laitteena, joka on kytketty tukiasemaohjaimeseen 266.

Runkoverkkoon 100 kuuluu yhdyskäytäväpaikantamiskeskus (Gateway Mobile Location Center, GMLC) 224, ja kotirekisteri (Home Location Register, HLR) 226. Yhdyskäytäväpaikantamiskeskuksen 224 tehtävä on tarjota ulkopuoliselle paikantamispalvelun asiakkaalle 280 kyseessä oleva paikanta-

mispalvelu. Kotirekisteri 226 sisältää paikantamispalvelun tilaajatiedot ja reititysinformaation.

Paikanmittausyksikkö (Location Measurement Unit, LMU) 202 voi sijaita joko tukiasemassa 262, esimerkiksi sen ohjausyksikössä 208, tai se voidaan toteuttaa ohjausyksikön 208 toiminnallisuutena tai sitten erillisenä tukiasemaan 262 kytkettynä laitteena. Paikanmittausyksikkö 202 voi sijaita myös omana yksikkönään erillään tukiasemasta 262, johon se on yhteydessä esimerkiksi radioteitse 272.

Tilaajapäätelaite UE 170 käsittää antennin 290, jonka välityksellä tilaajapäätelaitteen 170 käsittämä lähetinvastaanotin 216 vastaanottaa signaalin radiotieltä 292. Tilaajapäätelaitteen UE 170 toimintaa ohjaa ohjausyksikkö 218. Tilaajapäätelaite UE 170 käsittää kuvattujen osien lisäksi myös käyttöliittymän, joka muodostuu tyypillisesti kaiuttimesta, mikrofonista, näytöstä ja näppäimistöstä, sekä akun, joita ei kuitenkaan tässä tarkemmin kuvata.

Edellä kuvatulla ohjausyksiköllä 208, 218, 248 tarkoitetaan laitteen toimintaa ohjaavaa lohkoa, joka nykyisin toteutetaan yleensä prosessorina ohjelmistoinen, mutta myös erilaiset laitteistototeutukset ovat mahdollisia, esimerkiksi erillisistä logiikkakomponenteista rakennettu piiri tai yksi tai useampi asiakaskohtainen integroitu piiri (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC). Myös näiden eri toteutustapojen sekamuoto on mahdollinen. Tarvittava toiminnallisuus on siis toteutettavissa ohjausyksiköllä 208, 218, 248. Alan ammattilainen huomioi toteutustavan valinnassa esimerkiksi laitteen koolle ja virrankulutukselle asetetut vaatimukset, tarvittavan prosessointitehon, valmistuskustannukset sekä tuotantomäärät.

Selostetaan vielä kuvioihin 2 ja 3 viitaten tarkemmin E-OTD-paikantamisen menetelmää (Enhanced Observed Time Difference). E-OTD on esimerkki paikantamisen menetelmästä, jossa voidaan soveltaa absoluuttiaikaeron laskentamenetelmää, mutta sen käyttö ei luonnollisestikaan ole rajoittunut pelkästään E-OTD-menetelmään, vaan sitä voidaan soveltaa muissakin absoluuttiajan eli AT:n käyttöön pohjautuvissa paikantamisen menetelmissä.

Paikantamisen menetelmät jaetaan usein verkkoperustaisiin (Uplink-menetelmät) ja tilaajapäätelaiteperustaisiin (Downlink-menetelmät) menetelmiin. Tilaajapäätelaiteperustaisissa paikantamisen menetelmissä tilaajapäätelaite 170 voi tehdä mittauksia usean eri tukiaseman 304, 306, 308, 318 lähettämistä signaaleista. E-OTD-menetelmässä, jota voidaan pitää verkko- ja tilaajapäätelaiteperustaisten menetelmien hybridinä, vastaanotetaan signaali tilaajapääte-



laitteen 170 toimesta ainakin kolmelta eri tukiasemalta 304, 306, 308, joiden sijainti tunnetaan ja joista yksi toimii tilaajapäätelaitetta palvelevana tukiasemana 306 ja ainakin kaksi sen naapuritukiasemina 304, 308. Tilaajapäätelaite 170 mittaa sitä palvelevan tukiaseman 306 ja kahden naapuritukiaseman 304, 308 väliset havaitut aikaerot OTD (Observed Time Difference), jotka se raportoi 390 palvelevalle paikantamiskeskukseen SMLC (Serving Mobile Location Center) 200.

Koska radioverkko ei ole käytännössä koskaan täysin synkroninen, on selvitettävä myös tukiasemien ajoitusero. Tämä voidaan toteuttaa siten, että ainakin yksi sijainniltaan tunnettu paikanmittausyksikkö 302 mittaa paikanmittausyksikön 302 vertailutukiaseman 304 ja sen naapuritukiasemien 306, 308 tunnetussa paikassa havaitut aikaerot OTD (Observed Time Difference), jotka se raportoi 372 palvelevalle paikantamiskeskukseen SMLC 200.

Palveleva paikantamiskeskus SMLC 200 laskee todelliset aikaerot RTD (Real Time Difference) vähentämällä kustakin havaitusta aikaerosta OTD kyseisen tukiaseman ja paikanmittausyksikön 302 tunnettujen sijaintien etäisyydestä aiheutuvan tunnetun kulkuaikaviiveen eli geometrisen aikaeron (Geometric Time Difference, GTD).

Tämän jälkeen tilaajapäätelaitteen 170 sijainti määritetään kulkuaikaviiveistä saatavien geometristen komponenttien, (esimerkiksi hyperbolien) pohjalta. Geometrinen aikaero GTD on toisaalta yhtä kuin havaittu aikaero OTD, josta vähennetään todellinen aikaero RTD.

Laskentakeskuksena toimiva palveleva paikantamiskeskus SMLC 200 sijaitsee yleisesti tukiasemaohjaimessa 266, RNC:llä 146, 156 tai BSC:llä 166, mutta se voisi vaihtoehtoisesti sijaita myös muussa radioverkon osassa. GSM-spesifikaatioissa on määritelty paikantamispalvelulle kaksi erilaista ratkaisua: tukiasemajärjestelmäkeskeinen (BSS) ja verkkoalijärjestelmäkeskeinen (MSS). Tukiasemajärjestelmäkeskeisessä ratkaisussa paikantamiskeskustoiminnaisuus SMLC 200 on kytketty tukiasemaohjaimeen 166 ja verkkoalijärjestelmäkeskeisessä ratkaisussa matkapuhelinkeskukseen 102. Ainoa UMTS-spesifikaatioissa määritelty ratkaisu on radioverkkokeskeinen ratkaisu, joka on määritelty myös GPRS-spesifikaatioissa.

E-OTD-menetelmää voidaan edelleen parantaa käyttämällä AT-raportointia. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että vaikkapa paikanmittausyksikköön sijoitetaan satelliittipaikannusvastaanotin 204, esimerkiksi GPS-vastaanotin 204, jota käyttäen mitataan vertailutukiaseman eli referenssituki-

aseman signaalin referenssiabsoluuttiaika (Reference AT, Reference Absolute Time) eli Reference AT-arvo, eli niin sanottu GPS-aika, joka sitten raportoidaan palvelevalle paikantamiskeskukselle SMLC 200. Paikanmittausyksikkö 202 siis raportoi paikantamiskeskukselle 200 mittaamiensa tukiasemien OTD-  
 5 arvojen ohella määrittämänsä vertailutukiaseman referenssiajan RefAT, joka siis on vertailutukiaseman absoluuttiaika. Reference AT-arvoja, eli referenssiaikoja voidaan käyttää edelleen esimerkiksi paikantamiskeskuksessa ylläpidettävän ATD-taulukon eli absoluuttiaikaerotaulukon 246 arvojen laskemiseen. Paikantamiskeskuksessa 200 voidaan laskea myös tukiasemien ja paikanmittaus-  
 10 yksikön tunnettujen paikkojen avulla määritettävien geometristen aikaerojen GTD ja havaittujen aikaerojen OTD perusteella tukiasemien todelliset aikaerot eli  $RTD_n = OTD_n - GTD_n$ .

Kuvataan seuraavaksi kuvioihin 2 ja 3 viitaten radiojärjestelmä, jossa sovelletaan absoluuttiaikaeron laskentamenetelmää paikantamisessa. Radiojärjestelmä on kuvattu esimerkinomaisesti absoluuttiaikaeron laskentamenetelmän kannalta olennaisilta laitteiltaan. Paikantamisessa käytettävä menetelmä voi olla esimerkiksi E-OTD-menetelmä, mutta aivan yhtä hyvin se voi olla  
 15 jokin muukin absoluuttiaikaa käyttävä paikantamismenetelmä.

Radiojärjestelmä käsittää ainakin yhden paikannettavan tilaajapäätelaitteen 170 ohella ainakin kolme sijainniltaan tunnettua, paikantamisessa käytettävää tukiasemaa 304, 306, 308, 314, 316, 318, joista tukiasemista yksi, esimerkiksi tukiasema 306, toimii tilaajapäätelaitetta palvelevana tukiasemana.

Radiojärjestelmä käsittää lisäksi ainakin kaksi sijainniltaan tunnettua paikanmittausyksikköä 302, 312 ja niiden määrittämää paikanmittausaluetta.  
 25 Paikanmittausyksikkö 302, 312 voidaan sijoittaa jonkin tukiaseman 304, 306, 308, 314, 316, 318 yhteyteen. Tällöin paikanmittausyksikkö 202 voi sijaita esimerkiksi tukiaseman ohjausyksikössä 208, ja se voidaan toteuttaa ohjausyksikön toiminnallisuutena tai joko ohjausyksikköön 208 tai muualle tukiasemaan 262 kytkettynä erillisenä laitteena, jolloin siitä voidaan käyttää esimerkiksi nimitystä LMU-b. Paikanmittausyksikkö 202 voi toimia myös erillisenä yksikkönään, jolloin siitä voidaan käyttää esimerkiksi nimitystä LMU-a, ja joka on esimerkiksi  
 30 omia antennirakennelmiaan 270 käyttäen radiolinkin 272 kautta yhteydessä tukiasemaan. Tämä vaihtoehto on kuvattu kuviossa 3 sekä katkoviivalla kuviossa 2. Itsenäinen paikanmittausyksikkö 202 voi olla myös kaapeliyhteydessä tukiasemaan 262, esimerkiksi E1-standardin mukaista linkkiä käyttäen.  
 35

Tässä kuvattua absoluuttiaikaeron laskentamenetelmää sovelletaan tilanteessa, jossa ainakin yksi paikanmittausalueen tukiasemista on yhteinen jonkin toisen paikanmittausalueen kanssa. Kuvion 3 esimerkissä tukiasema 318 on yhteinen paikanmittausyksiköille 302 ja 312, eli tilaajapäätelaite 170 sijaitsee sellaisella alueella, jolla kuuluu sekä paikanmittausyksikön 302 tukiasemien 304, 306, 308 toteuttamat solut 394, 396, 398, että tukiaseman 318 toteuttama solu 392, joka kuuluu myös paikanmittausyksikön 312 paikanmittausalueeseen.

Yksi paikanmittausalueen tukiasemista toimii paikanmittausyksikön vertailutukiasemana, johon paikanmittausyksikön vastaanotin synkronoituu. Vertailutukiasema voi sijaita erillään paikanmittausyksiköstä kuten kuvion 3 tapauksessa. Mikäli paikanmittausyksikkö 202 on sijoitettu tukiaseman 262 yhteyteen, kuten kuviossa 2, vertailutukiasema on tyypillisesti se tukiasema 262, johon paikanmittausyksikkö 202 on kytketty. Valitaan kuvion 3 esimerkissä, jossa paikanmittausyksiköt 302, 312 sijaitsevat erillään tukiasemista, tukiasema 304 paikanmittausyksikön 302 vertailutukiasemaksi ja tukiasema 314 paikanmittausyksikön 312 vertailutukiasemaksi. Vertailutukiasema 304 ja paikanmittausyksikkö 302 synkronoidaan käyttäen signaalia 374. Samoin vertailutukiasema 314 ja paikanmittausyksikkö 312 synkronoidaan käyttäen signaalia 354. On huomattava, että yhtä hyvin jokin muukin kunkin paikanmittausalueen tukiasemista voisi toimia kyseessä olevan paikanmittausyksikön vertailutukiasemana.

Kukin paikanmittausyksikkö 302, 312 vastaanottaa signaaleja omalla paikanmittausalueellaan sijaitsevilta tukiasemilta, esimerkiksi paikanmittausyksikkö 302 vastaanottaa signaalit 374, 376, 378, 368 tukiasemilta 304, 306, 308, 318 ja paikanmittausyksikkö 312 signaalit 354, 356, 358 tukiasemilta 314, 316, 318. Näin vastaanottamalla tukiasemien 304, 306, 308, 318 lähettämät signaalit tilaajapäätteen 170 lisäksi paikanmittausyksikössä 302, 312, voidaan tukiasemien 304, 306, 308, 318 aikaviiveet määrittää paikanmittausyksikön 302, 312 avulla.

Radiojärjestelmä käsittää paikannusjärjestelmän absoluuttiaikaerotaulukon 246, jonka arvoja ylläpidetään ohjausyksikköä 248 käyttäen. Absoluuttiaikaerotaulukon 246 arvoja päivitetään tallentamalla taulukkoon ohjausyksikköä 248 käyttäen tukiasemien absoluuttiaikaeroja, jotka on laskettu radiojärjestelmän käsittämää ohjausyksikköä 248 käyttäen.

Radiojärjestelmä käsittää paikanmittausyksikön 202, jota käyttäen määritetään vertailutukiaseman 262 referenssiaika ja paikanmittausalueen tukiasemien havaitut aikaerot vertailutukiasemaan nähden.

Radiojärjestelmä voi käsittää myös todellisten aikaerojen taulukoita, eli RTD-tilukukoita (ei esitetty kuvioissa), joita tyypillisesti ylläpidetään palvelevassa paikantamiskeskuksessa SMLC 200, jossa tukiasemien todelliset aikaerot määritetään tukiasemien geometristen aikaerojen ja havaittujen aikaerojen perusteella.

Paikanmittausyksikön 202 vertailutukiaseman 262 referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien havaitut aikaerot raportoidaan ohjausyksikölle 248 absoluuttiaikaerotaulukon 246 sekä todellisten aikaerojen taulukoiden päivitystä varten radiojärjestelmän käsittämää paikanmittausyksikköä 202 käyttäen. Kuvion 3 tapauksessa siis paikanmittausyksikkö 302 raportoi 372 vertailutukiasemansa 304 referenssiajan ja tukiasemien 306, 308, 318 havaitut aikaerot palvelevalle paikantamiskeskukselle SMLC 200. Samaten paikanmittausyksikkö 312 raportoi 352 vertailutukiasemansa 314 referenssiajan ja tukiasemien 316, 318 havaitut aikaerot palvelevalle paikantamiskeskukselle SMLC 200.

Absoluuttiaikaerotaulukkoa 246 eli ATD-tilukukkoa 246 voidaan ylläpitää keskitetysti radiojärjestelmän palvelevassa paikantamiskeskuksessa 200, jonka yhteydessä ohjausyksikkö 248 tällöin sijaitsee. Keskitetyn ratkaisun avulla tarvittavan viestinnän määrä vähenee ja kapasiteetti lisääntyy. Absoluuttiaikaerotaulukon 246 laskenta ja ylläpito voisi kuitenkin tapahtua myös muutoin, esimerkiksi siten, että paikanmittausyksiköt 302, 312 ylläpitäisivät oman alueensa absoluuttiaikaerotaulukkoja. Tällöin paikanmittausyksikön sijaitessa tukiaseman yhteydessä, myös absoluuttiaikaerotaulukon ylläpito tapahtuisi tukiaseman yhteydessä. Palveleva paikantamiskeskus 200 sijaitsee yleisesti tukiasemaohjaimessa 266, RNC:llä 146, 156 tai BSC:llä 166, mutta se voisi vaihtoehtoisesti sijaita myös muussa radioverkon osassa.

Radiojärjestelmän käsittämää ohjausyksikköä 248 käyttäen lasketaan paikanmittausyksikön 302 vertailutukiaseman 304 laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman 318 absoluuttiaikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittausyksikön 312 raportti; ja paikanmittausyksikön 302 tälle tukiasemalle raportoimaa havaittua aikaeroa.

Seuraavaksi lasketaan ohjausyksikköä 248 käyttäen vertailutukiaseman 304 korjattu absoluuttiaika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman 304 referenssiaikaa ja korjauskerrointa.

5 Tämän jälkeen ohjausyksikköä 248 käyttäen lasketaan tukiasemien 306, 308, 318 absoluuttiaikaerot vertailutukiaseman 304 korjattua absoluuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien 306, 308, 318 havaittuja aikaeroja käyttäen. Lopuksi lasketut tukiasemien absoluuttiaikaerot talletetaan ohjausyksikköä 248 käyttäen absoluuttiaikaerotaulukkoon 246.

10 Radiojärjestelmä voi käsittää myös ohjausyksikön 248, jota käyttäen voidaan valita laskennassa käytettävä korjauskerroin ja säätää sitä.

Eräässä suoritusmuodossa absoluuttiaikaerotaulukkoon talletetuista tukiaseman absoluuttiaikaeroista voidaan esikorjata paikanmittausyksikön käyttämän mittausantennin korkeuden tai tunnettujen heijastusviiveiden aiheut-

15 tama virhe. Samoin voidaan korjata paikanmittausyksikön käyttämien antennien kaapeliviiveiden aiheuttama virhe. Kaapeliviiveitä voi aiheutua sekä paikanmittausyksikön vastaanottimen antennista eli RX-antennista, että GPS-vastaanottimen antennista. Tämä voidaan tehdä joko absoluuttiaikaerojen laskennan yhteydessä radiojärjestelmän käsittämää ohjausyksikköä 248 käyttäen tai

20 mittausten yhteydessä radiojärjestelmän käsittämää paikanmittausyksikköä 202 käyttäen.

Edellä selostetut, kuvioissa 2 ja 3 esitetyt tunnetusta tekniikasta poikkeavat radiojärjestelmän käsittämät ohjausyksiköt 208, 218, 248, joilla tarkoitetaan laitteen toimintaa ohjaavaa lohkoa, ja paikanmittausyksiköt 202, 302,

25 312 samoin kuin muut kuvatut lohkot ja yksiköt voidaan toteuttaa esimerkiksi ohjelmallisesti, jolloin absoluuttiaikaeron laskentamenetelmä vaatii lähinnä ohjelmistomuutoksia radioverkossa siellä missä absoluuttiaikaerotaulukon laskenta ja ylläpito suoritetaan, eli yleensä paikantamiskeskuksessa 200. Ne, samoin kuin muut tarvittavat välineet ydinverkossa 100, radioverkossa 130, tukiasemajärjestelmässä 160 ja tilaajapäätelaitteessa 170 voidaan kuitenkin toteuttaa myös sopivana SW- ja HW-toteutuksen kombinaationa, yleensä prosessorissa suoritettavien ohjelmistojen ja elektroniikkatoteutuksen kombinaationa. Kuvattu absoluuttiaikaerotaulukko 246 sijaitsee tyypillisesti prosessorin muistissa. Tyypillisesti käytettävä teknologia elektroniikkatoteutuksessa on

30 ASIC-teknologia (Application Spesific Integrated Circuit), mutta myös muunlaiset toteutukset ovat mahdollisia, esimerkiksi erillisistä logiikkakomponenteista

rakennettu piiri, tai prosessori ohjelmistoinen. Myös näiden eri toteutustapojen sekamuoto on mahdollinen. Alan ammattilainen huomioi toteutustavan valinnassa esimerkiksi laitteen koolle ja virrankulutukselle asetetut vaatimukset, tarvittavan prosessointitehon, valmistuskustannukset sekä tuotantomäärät. On huomattava, että kuvioissa 2 ja 3 kuvataan lähinnä toiminnallisia kokonaisuuksia, jolloin käytännön laitteistototeutuksen osat voivat poiketa esitetystä, sillä lopulta on kyse siitä miten kyseisessä sovelluksessa voidaan tehokkaimmin ja kohtuullisin kustannuksin toteuttaa halutun toiminnallisuuden toteuttavat välineet.

Selostetaan vielä lopuksi esimerkinomaisesti kuvion 4 lohkoavioon viitaten menetelmää absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä.

Menetelmä aloitetaan 400:ssa. Sitten 402:ssa ylläpidetään sijainniltaan tunnettuja paikanmittausyksiköitä ja niiden määrittämiä paikanmittausalueita. Nämä paikanmittausyksiköt vastaanottavat signaaleja paikanmittausalueensa tukiasemilta, joista yksi on paikanmittausalueen määrittävän paikanmittausyksikön vertailutukiasema ja ainakin yksi tukiasema on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa.

Määritetään 404:ssä vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien havaitut aikaerot vertailutukiasemaan nähden.

406:ssa raportoidaan radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaikaerotaulukon päivittämistä varten paikanmittausyksikön vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien havaitut aikaerot vertailutukiasemaan nähden.

408:ssa lasketaan vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittausyksikön raportti, ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raportoimaa havaittua aikaeroa.

410:ssa lasketaan vertailutukiaseman korjattu absoluuttiaika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman referenssiaikaa ja korjauskerrointa.

412:ssä vertailutukiaseman korjattua absoluuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien havaittuja aikaeroja käytetään tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskemiseen, jotka absoluuttiaikaerot sitten talletetaan absoluuttiaikaerotaulukoon. Menetelmän suorittaminen päättyy 414:ssä.

Aikaerolaskennassa otetaan tyypillisesti huomioon geometrinen aikaero GTD (Geometric Time Difference), jolla tarkoitetaan paikanmittausyksi-

kön ja sen naapuritukiasemien etäisyyden aiheuttamaa kulkuaikaviivettä (propagation path delay between location measurement unit and the neighbouring BTS). Tällöin siis huomioidaan mittausalueen tukiasemien ja paikanmittausyksikön tunnettujen etäisyyksien (näköetäisyys, Line of Sight, LOS) aiheuttama viive ja käytetään niitä vertailutukiaseman laskennallisen absoluuttiajan laskennassa.

Kuvatussa suoritusmuodossa vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika (AT\_calc) siis lasketaan käyttäen ainakin yhtä absoluuttiaikaerotaulukosta jo löytyvää raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaeroa (ATD1,...,ATDn; n on laskennassa käytettävien tukiasemien lukumäärä), tukiasemalle raportoitua havaittua aikaeroa (OTD1,...,OTDn), sekä tukiaseman geometrista aikaeroa (GTD1,...,GTDn). Vertailutukiaseman geometrinen aikaero (GTDref) on pieni, mikäli paikanmittausyksikkö on asennettu vertailutukiaseman yhteyteen, mutta se voidaan esittää selvyyden vuoksi. Laskenta tehdään vähentämällä kustakin tällaisesta absoluuttiaikaerosta kyseiselle tukiasemalle raportoitu havaittu aikaero OTD ja lisäämällä siihen tukiaseman geometrinen aikaero GTD, ja laskemalla näiden lausekkeiden keskiarvo. Laskennallisen absoluuttiajan (AT\_calc) laskentakaava voidaan siis kirjoittaa muotoon:

$$AT\_calc = ((ATD1-OTD1+GTD1)+(ATD2-OTD2+GTD2)+...+(ATDn-OTDn+GTDn))/n.$$

Kuvatussa suoritusmuodossa korjattu absoluuttiaika (AT\_corr) lasketaan käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman referenssiaikaa (AT\_ref) ja korjauskerrointa (c) kertomalla laskennallisen absoluuttiajan (AT\_calc) ja vertailutukiaseman referenssiajan (AT\_ref) erotus korjauskertoimella (c) ja lisäämällä siihen vertailutukiaseman referenssiaika (AT\_ref). Laskenta perustuu siis seuraavaa muotoa olevaan kaavaan:

$$AT\_corr=AT\_ref+(AT\_calc - AT\_ref) \cdot c/100\%.$$

Edelleen absoluuttiaikaerotaulukkoon talletettavat tukiasemien absoluuttiaikaerot (ATD) lasketaan geometrinen aikaero (GTD) huomioiden lisäämällä korjattuun absoluuttiaikaan (AT\_corr) tukiaseman havaittu aikaero (OTD) ja vähentämällä geometrinen aikaero, jolloin laskentakaava voidaan kirjoittaa muotoon:

$$ATDn = AT\_corr+OTDn-GTDn.$$

Vertailutukiaseman absoluuttiaikaerotaulukkoon talletettava absoluuttiaikaero ATDref lasketaan  $ATDn = AT\_corr-GTDn$ .

Vertailutukiaseman referenssiaika (AT\_ref) voidaan määrittää paikanmittausyksikön toimesta esimerkiksi siihen sijoitettua GPS-vastaanotinta käyttäen.

Myös tukiasemien todelliset aikaerot (RTD) vertailutukiasemaan  
5 nähden voidaan määrittää paikanmittausyksikön tunnetussa paikassa mittamien havaittujen aikaerojen (OTD) perusteella paikantamiskeskuksen SMLC toimesta poistamalla tunnettujen kulkuaikaviiveiden (GTD) vaikutus. Todellinen aikaero RTD saadaan siis laskettua havaitun aikaeron OTD ja geometrisen aikaeron GTD erotuksena, eli seuraavaa muotoa olevalla kaavalla:

$$10 \quad \text{RTD} = \text{OTD} - \text{GTD},$$

joten paikantamiskeskuksessa SMLC voidaan siis laskea myös kunkin tukiaseman todelliset aikaerot RTD ja ylläpitää RTD-tilukkoa. OTD- ja GTD-arvojen perusteella laskettuja RTD-arvoja voidaan myös käyttää ATD-laskennassa OTD:n ja GTD:n erotuksen tilalla.

15 Eräässä suoritusmuodossa menetelmässä käytettävä korjauskerroin valitaan siten, että eri paikanmittausalueiden raporttien perusteella laskettujen absoluuttiaikaerojen suhteellinen virhe olisi mahdollisimman pieni. Toisaalta korjauskerroin on valittava myös siten, että jokainen uusi paikanmittausalueen raportti vaikuttaa riittävästi, niin että absoluuttiaikaerotaulukko seuraa riittävän  
20 tarkasti ajoituksen muutoksia.

Edellä kuvatussa suoritusmuodossa vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika määritetään käyttäen ainakin yhtä eri paikanmittausalueille yhteistä tukiasemaa, mutta laskennassa voidaan siis käyttää myös useampaa kuin yhtä eri paikanmittausalueille yhteistä tukiasemaa. Menetelmää suoritetta-  
25 essa voidaan laskennassa myös käyttää eri operaattoreiden verkkoon kuuluvia tukiasemia naapuritukiasemina ja eri paikanmittausalueille yhteisinä tukiasemina. Niiden koordinaatit on kuitenkin tunnettava.

Laskennassa käytettyä korjauskerrointa voidaan myös säätää. Korjauskerroin voidaan lisäksi määrittää siten, että sen avulla reagoidaan OTD:n, tai RTD-arvoja laskennassa käytettäessä RTD:n ohella muihin määritettävissä oleviin lisäparametreihin, joita standardeissa tunnetaan. Näitä ovat esimerkiksi laatu, muutos, ja muutoksen jyrkkyys. Menetelmää voidaan ohjata vaikkapa siten, että SMLC:llä katsotaan paikanmittausyksiköiden raporteista esimerkiksi laatu, OTD-arvot tai niiden perusteella lasketut RTD-arvot ja näiden arvojen  
35 laatu. Korjauskerroin voidaan esimerkiksi säätää ottamaan huomioon se, että onko mittauksissa pieni hajonta. Tai korjauskerroin voidaan säätää esimerkiksi



siten, että se huomioi onko uudessa paikanmittausyksikön raportissa hyvät laatuarvot, jolloin esimerkiksi voitaisiin painottaa enemmän uuden paikanmittausyksikön raportin arvoja.

- Menetelmää voidaan soveltaa esimerkiksi myös siten, että korjaus-  
 5 kerroin toimii tietyn raja-arvon perusteella, eli jos raportista saatavan mitatun arvon ja absoluuttiaikaerotaulukon arvojen välinen ero on yli tietyn rajan, käytetään tiettyä kerrointa tai ei esimerkiksi käytetä raportoitua arvoa ollenkaan.

- Absoluuttiaikaerotaulukkoon talletetuista tukiaseman absoluuttiaika-  
 eroista voidaan myös esikorjata mittausantennin korkeuden aiheuttama virhe  
 10 tai tunnetuista heijastusviiveistä aiheutuva virhe. Samoin voidaan esikorjata paikanmittausyksikön käyttämien antennien kaapeliviiveistä aiheutuva virhe. Kaapeliviiveitä voi aiheutua sekä paikanmittausyksikön vastaanottimen antennista eli RX-antennista, että GPS-vastaanottimen antennista. Kaapeliviiveet vaikuttavat sekä OTD-tuloksiin että AT-tuloksiin ja OTD-tulosten perusteella  
 15 laskettaviin RTD-tuloksiin, heijastuksista sekä antennin korkeudesta aiheutuvat viiveet vaikuttavat lähinnä OTD-tuloksiin ja RTD-tuloksiin. Virheiden korjaaminen voidaan suorittaa joko absoluuttiaikaerojen laskennan yhteydessä tai mitausten yhteydessä.

- Menetelmää voidaan soveltaa myös siten, että siinä käytetään pel-  
 20 kästään yhden paikanmittausyksikön raportteja. Tällöin vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika ja edelleen tukiasemien absoluuttiset aikaerot lasketaan käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon ei vaikuta muiden paikanmittausyksiköiden raportit, eli käytetään saman paikanmittausyksikön aiempia raportteja.  
 25 Tällöin voitaisiin auttaa paikantamiskeskusta SMLC suodattamaan vertailutukiaseman referenssiajan (AT\_ref) hajontaa, joka näkyy saman suuntaisena virheenä kaikkien paikanmittausalueen naapuritukiasemien, eli OTD-naapurien, jotka samalla ovat myös RTD-naapureita, tuloksessa.

- Menetelmän toteuttamiseen eri suoritusmuotoineen soveltuu aikai-  
 30 semmin selostetun tyyppinen radiojärjestelmä, mutta myös muunlaiset järjestelmät voivat soveltua menetelmän toteuttamiseen.

- Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän  
 35 keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä, t u n n e t t u siitä, että:

5 ylläpidetään (402) radiojärjestelmässä sijainniltaan tunnettuja paikanmittausyksiköitä ja niiden määrittämiä paikanmittausalueita, jotka paikanmittausyksiköt vastaanottavat signaaleja paikanmittausalueensa tukiasemilta, ja paikanmittausalueen yksi tukiasema on paikanmittausyksikön vertailutukiasema, ja paikanmittausalueen ainakin yksi mitattu tukiasema on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa;

10 määritetään (404) vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen tukiasemien havaitut aikaerot vertailutukiasemaan nähden;

raportoidaan (406) paikanmittausyksikön vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien havaitut aikaerot radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaikaerotaulukon päivitystä varten;

15 lasketaan (408) vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittausyksikön raportti, ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raportoimaa havaittua aikaeroa;

20 lasketaan (410) vertailutukiaseman korjattu absoluuttiaika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman referenssiaikaa ja korjauskerrointa; ja

25 käytetään (412) vertailutukiaseman korjattua absoluuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien havaittuja aikaeroja tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskemiseen ja talletetaan lasketut tukiasemien absoluuttiaikaerot absoluuttiaikaerotaulukoon.

30 2. Patenttivaatimuksien 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että paikantamiskeskuksessa ylläpidetään tietoja tukiasemien tunnetuista geometrisista aikaeroista.

35 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika lasketaan vähentämällä kustakin absoluuttiaikaerotaulukosta löytyvästä raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerosta tukiasemalle raportoitu havaittu aikaero ja lisäämällä siihen tukiaseman tunnettu geometrinen aikaero ja laskemalla näiden lausekkeiden keskiarvo.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että absoluuttiaikaerotaulukkoon talletettavat tukiasemien absoluuttiaikaerot lasketaan lisäämällä korjattuun absoluuttiaikaan tukiaseman havaittu aikaero ja vähentämällä siitä tukiaseman geometrinen aikaero.

5 5. Patenttivaatimuksien 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että paikantamiskeskuksessa ylläpidetään tukiasemien laskennassa käytettävien havaittujen aikaerojen ja geometrysten aikaerojen perusteella laskettujen todellisten aikaerojen taulukkoa.

10 6. Patenttivaatimuksien 3-5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vertailutukiaseman laskennallisen absoluuttiajan ja tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskennassa käytetään havaittujen aikaerojen ja geometrysten aikaerojen perusteella laskettuja todellisia aikaeroja.

15 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että korjauskerroin valitaan siten, että eri paikanmittausalueiden raporttien perusteella laskettujen absoluuttiaikaerojen välinen suhteellinen virhe on mahdollisimman pieni.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että korjauskerroin valitaan siten, että absoluuttiaikaerotaulukko seuraa ajoituksen muutoksia jokaisen uuden paikanmittausalueen raportin mukaisesti.

20 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lasketaan vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhtä eri paikanmittausalueille yhteistä tukiasemaa.

25 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että laskennassa voidaan käyttää eri operaattoreiden verkkoon kuuluvia tukiasemia, joiden koordinaatit tunnetaan.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että absoluuttiaikaerotaulukkoon talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta on esikorjattu paikanmittausyksikön käyttämän mittausantennin korkeuden aiheuttama virhe.

30 12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että absoluuttiaikaerotaulukkoon talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta on esikorjattu paikanmittausyksikön käyttämän antennin kaapeliviiveen aiheuttama virhe.

35 13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että absoluuttiaikaerotaulukkoon talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta on esikorjattu tunnettujen heijastusviiveiden aiheuttama virhe.

14. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 11-13 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että virheet korjataan absoluuttiaikaerojen laskennan yhteydessä.

5 15. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 11-13 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että virheet korjataan mittausten yhteydessä.

16. Radiojärjestelmä, käsittäen

ainakin yhden paikannettavan tilaajapäätelaitteen (170), ja

ainakin kolme sijainniltaan tunnettua, paikantamisessa käytettävää tukiasemaa (304, 306, 318), joista tukiasemista yksi toimii tilaajapäätelaitetta  
10 (170) palvelevana tukiasemana (306);

t u n n e t t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää lisäksi:

ainakin kaksi sijainniltaan tunnettua paikanmittausyksikköä (302, 312) ja niiden määrittämää paikanmittausaluetta, jotka paikanmittausyksiköt (302, 312) vastaanottavat signaaleja paikanmittausalueensa tukiasemilta (304, 306, 308, 318, 316, 314), ja paikanmittausalueen yksi tukiasema (304, 314) on  
15 paikanmittausyksikön vertailutukiasema (304, 314), ja ainakin yksi mitattu tukiasema (318) on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa;

välineet (248) absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmän paikantamismenetelmässä,

20 paikantamisjärjestelmän absoluuttiaikaerotaulukon (246), johon tukiasemien absoluuttiaikaeroarvot talletetaan ja jossa arvoja ylläpidetään;

välineet (202) määrittää vertailutukiaseman referenssiaika;

välineet (202) määrittää paikanmittausalueen tukiasemien havaitut aikaerot vertailutukiasemaan nähden;

25 välineet (248) ylläpitää radiojärjestelmän tukiasemien absoluuttiaikaerotaulukon arvoja;

välineet (202) raportoida paikanmittausyksikön vertailutukiaseman (304) referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien (306, 308, 318) havaitut aikaerot radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaikaerotaulukon (246) päivitystä varten;

30 välineet (248) laskea vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman (318) absoluuttiaikaerotaulukossa (246) olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittausyksikön raportti; ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raportoimaa  
35 havaittua aikaeroa;

välineet (248) laskea vertailutukiaseman korjattu absoluuttiaika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman referenssiaikaa ja korjauskerrointa; ja

- välineet (248) käyttää vertailutukiaseman korjattua absoluuttiaikaa  
 5 ja raportoitujen tukiasemien havaittuja aikaeroja tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskemiseen ja välineet tallettaa lasketut tukiasemien absoluuttiaikaerot absoluuttiaikaerotaulukkoon (246).

17. Patenttivaatimuksien 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että paikantamiskeskus käsittää välineet (248) ylläpitää tietoja tukiasemien tunnetuista geometrisista aikaeroista.  
 10

18. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) laskea vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika vähentämällä kustakin absoluuttiaikaerotaulukosta löytyvästä raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerosta tukiasemalle raportoitu havaittu aikaero ja lisäämällä siihen tukiaseman tunnettu geometrinen aikaero ja laskemalla näiden lausekkeiden keskiarvo.  
 15

19. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) laskea absoluuttiaikaerotaulukkoon talletettavat tukiasemien absoluuttiaikaerot lisäämällä korjattuun absoluuttiaikaan tukiaseman havaittu aikaero ja vähentämällä siitä tukiaseman geometrinen aikaero.  
 20

20. Patenttivaatimuksien 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että paikantamiskeskus käsittää välineet (248) ylläpitää havaittujen aikaerojen ja geometrinen aikaerojen perusteella laskettujen todellisten aikaerojen taulukkoa.  
 25

21. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 18-20 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) käyttää vertailutukiaseman laskennallisen absoluuttiajan ja tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskennassa havaittujen aikaerojen ja geometrinen aikaerojen perusteella laskettuja todellisia aikaeroja.  
 30

22. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) valita korjauskerroin siten, että eri paikanmittausalueiden raporttien perusteella laskettujen absoluuttiaikaerojen välinen suhteellinen virhe on mahdollisimman pieni.  
 35

23. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t -  
 t u siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) valita korjauskerroin siten,

että absoluuttiaikaerotaulukko (246) seuraa ajoituksen muutoksia jokaisen uuden paikanmittausalueen raportin mukaisesti.

24. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että lasketaan vertailutukiaseman keskimääräinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhtä eri paikanmittausalueille yhteistä tukiasemaa (318).

25. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että laskennassa voidaan käyttää eri operaattoreiden verkkoon kuuluvia tukiasemia, joiden koordinaatit tunnetaan.

26. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) esikorjata absoluuttiaikaerotaulukkoon (246) talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta paikanmittausyksikön käyttämän mittausantennin korkeuden aiheuttama virhe.

27. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) esikorjata absoluuttiaikaerotaulukkoon (246) talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta paikanmittausyksikön käyttämän antennin kaapeliviiveen aiheuttama virhe.

28. Patenttivaatimuksen 16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) esikorjata absoluuttiaikaerotaulukkoon (246) talletetusta tukiaseman absoluuttiaikaerosta tunnettujen heijastusviiveiden aiheuttama virhe.

29. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 26-28 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (248) korjata virheet absoluuttiaikaerojen laskennan yhteydessä.

30. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 26-28 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että radiojärjestelmä käsittää välineet (202) korjata virheet mittausten yhteydessä.

### (57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on menetelmä absoluuttiaikaeron laskemiseksi radiojärjestelmässä ja radiojärjestelmä. Radiojärjestelmässä ylläpidetään (402) sijainniltaan tunnettuja paikanmittausyksiköitä ja niiden määrittämiä paikanmittausalueita, jotka paikanmittausyksiköt vastaanottavat signaaleja paikanmittausalueensa tukiasemilta, ja paikanmittausalueen yksi tukiasema on paikanmittausyksikön vertailutukiasema, ja paikanmittausalueen ainakin yksi mitattu tukiasema on yhteinen toisen paikanmittausalueen kanssa; ja määritetään (404) vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen tukiasemien suhteelliset aikaerot vertailutukiasemaan nähden; raportoidaan (406) paikanmittausyksikön vertailutukiaseman referenssiaika ja paikanmittausalueen muiden tukiasemien suhteelliset aikaerot radiojärjestelmässä ylläpidettävän tukiasemien absoluuttiaikaerotaulukon päivitystä varten; lasketaan (408) vertailutukiaseman laskennallinen absoluuttiaika käyttäen ainakin yhden raportoidun tukiaseman absoluuttiaikaerotaulukossa olevaa absoluuttiaikaeroa, johon vaikuttaa jonkin toisen paikanmittausyksikön raportti, ja paikanmittausyksikön tälle tukiasemalle raportoimaa suhteellista aikaeroa; lasketaan (410) vertailutukiaseman korjattu absoluuttiaika käyttäen sille määritettyä laskennallista absoluuttiaikaa, raportoitua vertailutukiaseman referenssiaikaa ja korjauskerrointa. Lopuksi (412) vertailutukiaseman korjattua absoluuttiaikaa ja raportoitujen tukiasemien suhteellisia aikaeroja käytetään tukiasemien absoluuttiaikaerojen laskemiseen ja talletetaan lasketut tukiasemien absoluuttiaikaerot absoluuttiaikaerotaulukkoon.

(Kuvio 4)

1/4  
L5

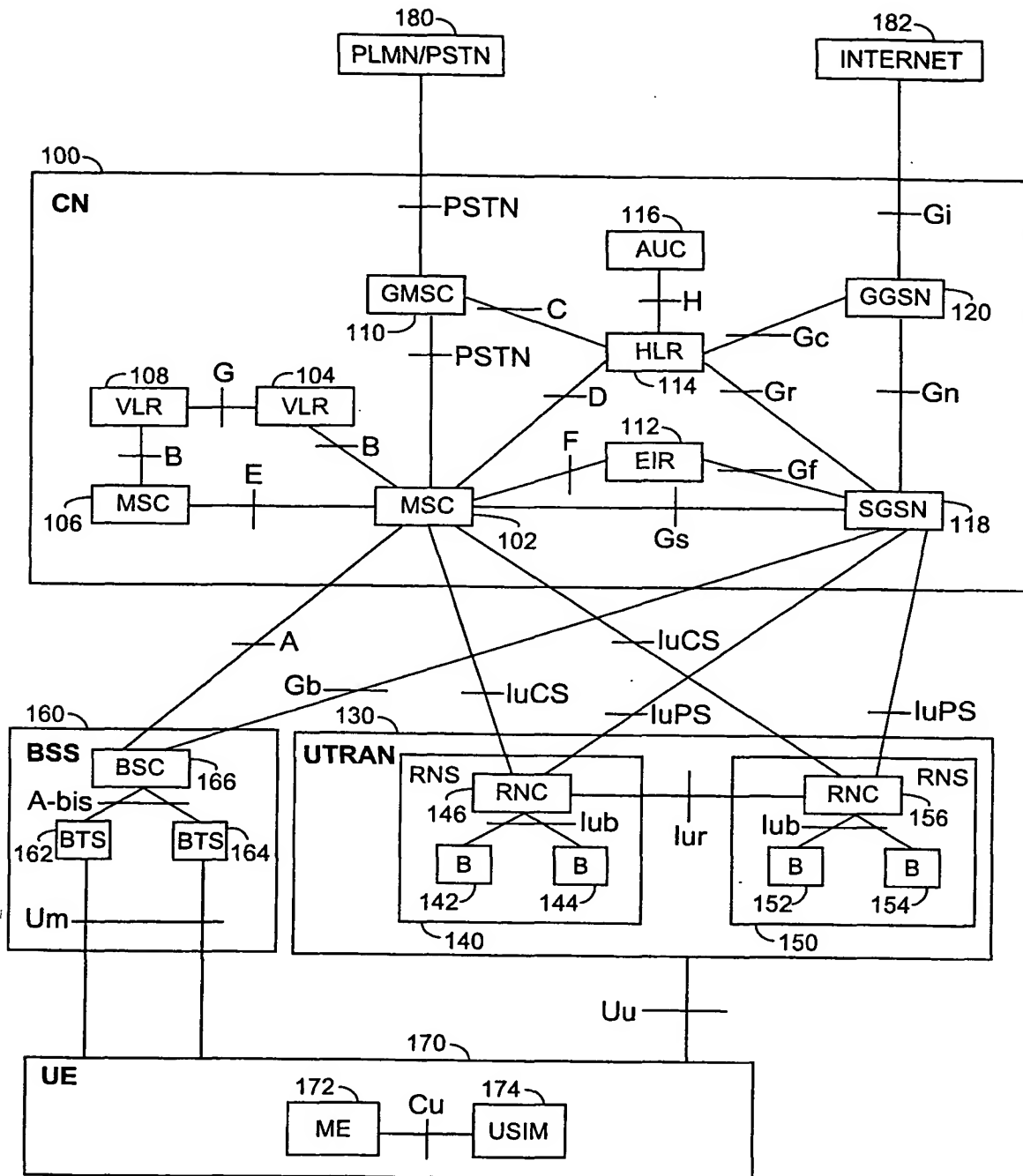


Fig. 1



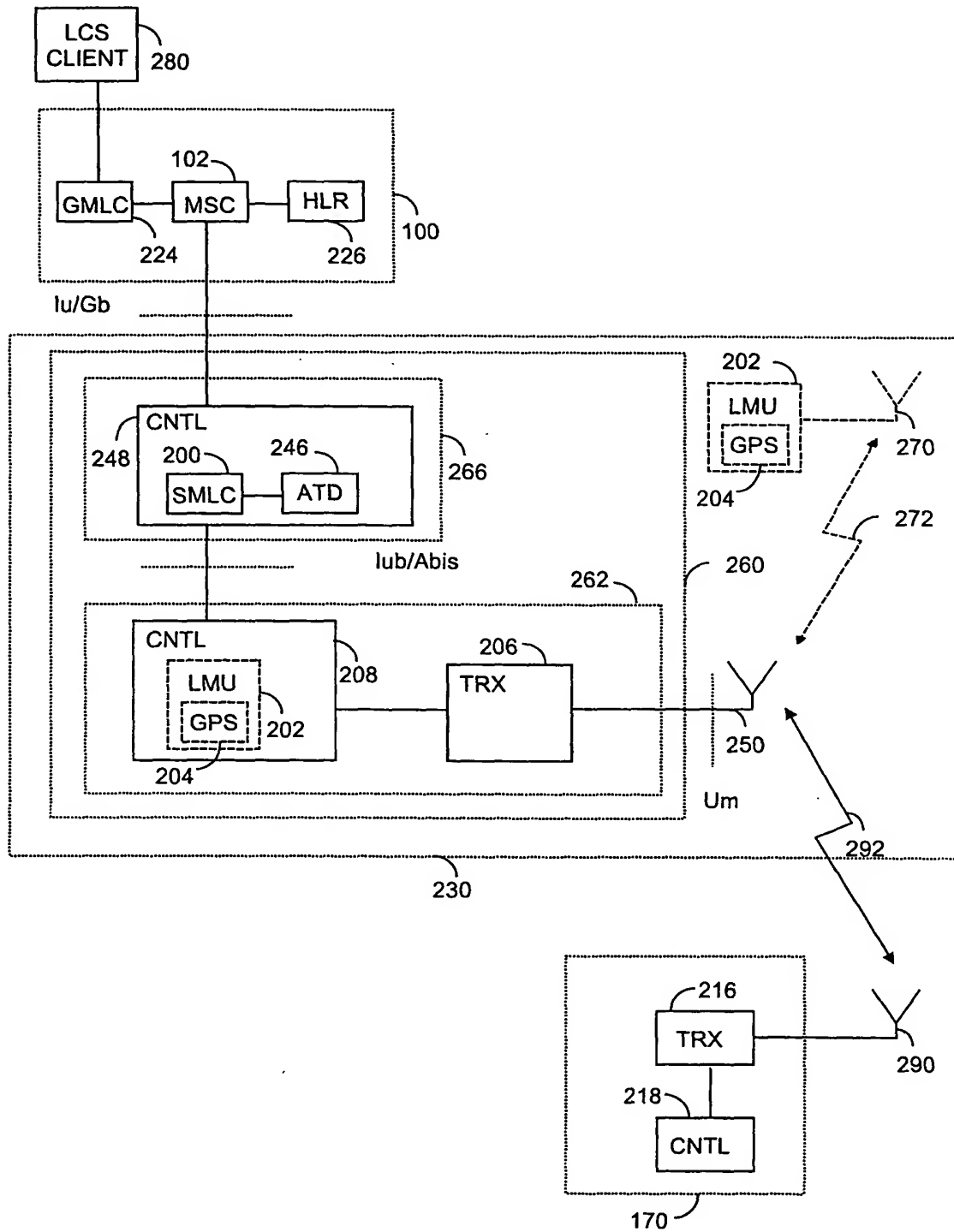


Fig. 2

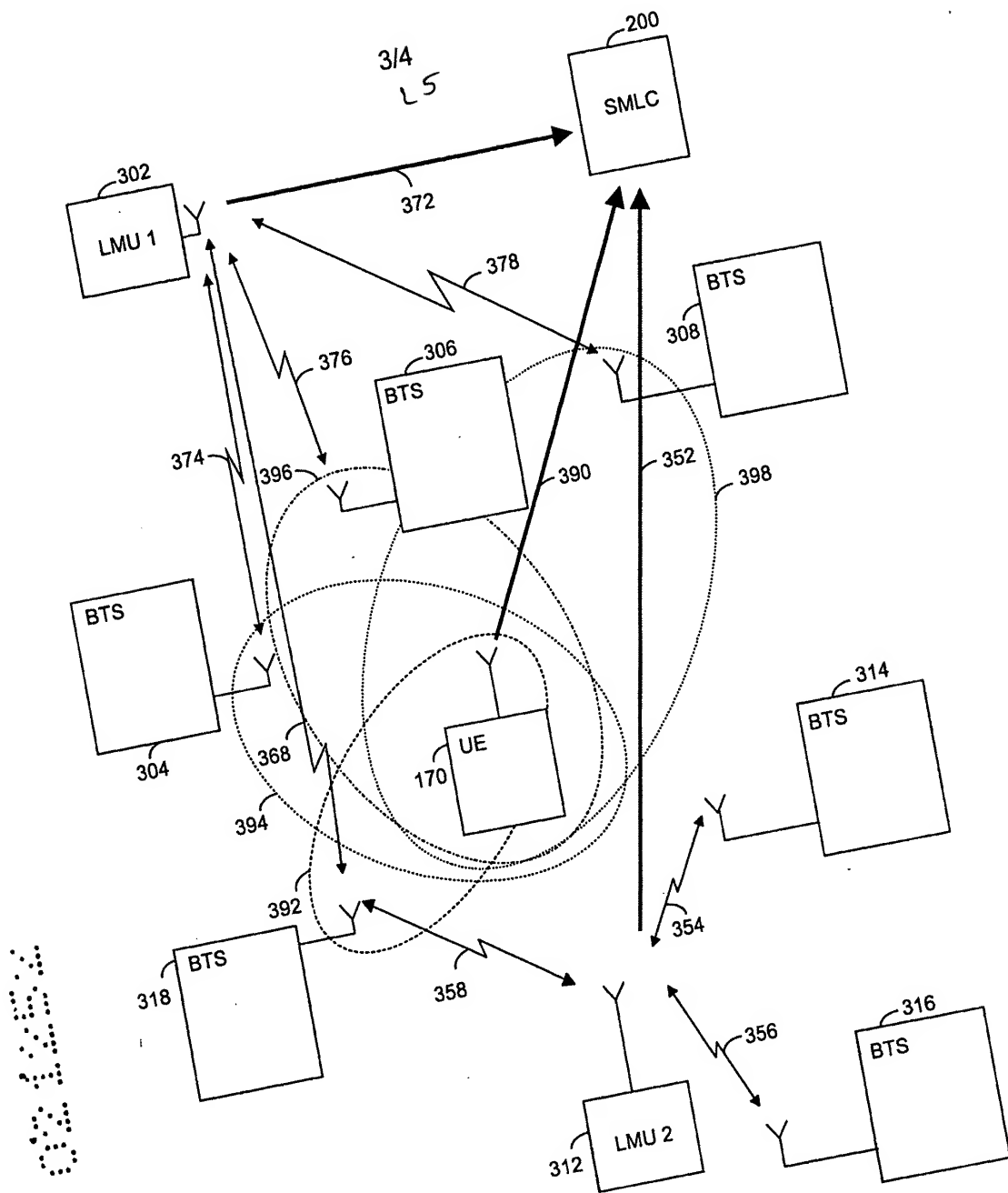


Fig. 3

4/4

LS

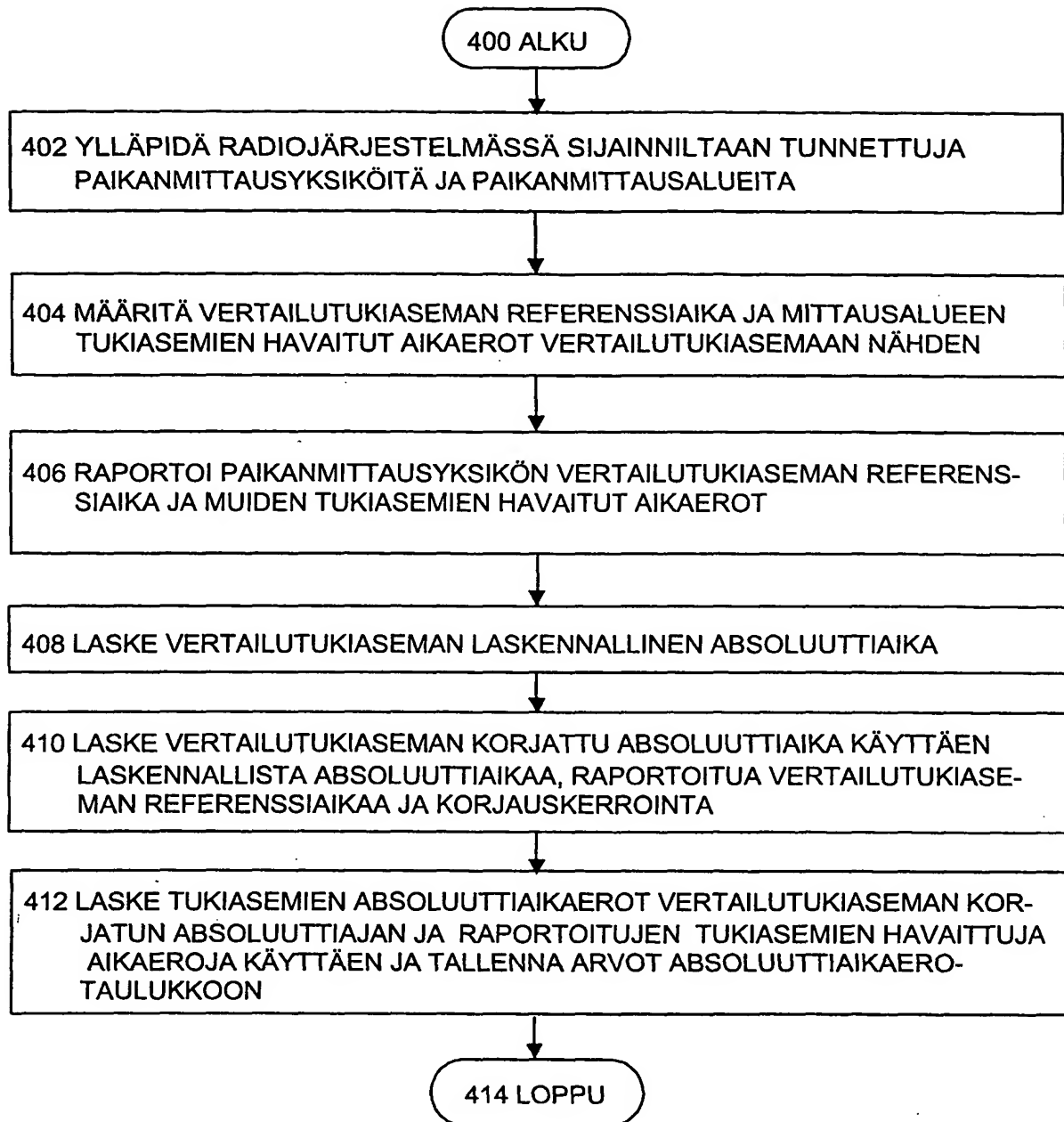


Fig. 4